

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-50584
(P2000-50584A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000.2.18)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームト* (参考)

H 0 2 K 16/02

H 0 2 K 16/02

5 H 1 1 1

// B 6 0 L 11/14

B 6 0 L 11/14

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-210615

(22) 出願日 平成10年7月27日 (1998.7.27)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 西山 典禎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 川野 慎一郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100078204

弁理士 滝本 智之 (外1名)

最終頁に続く

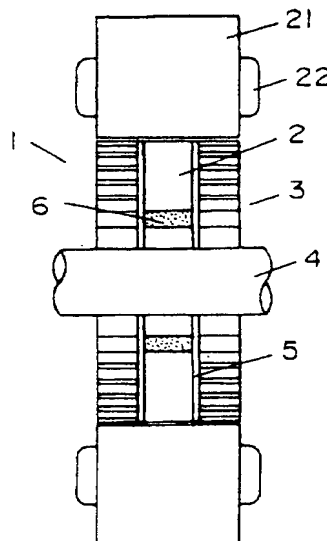
(54) 【発明の名称】 電動機

(57) 【要約】

【課題】 ハイブリッドエンジンでは、車輪軸に直結した電気モータの回転子が回転すると、回転子に設けた永久磁石により、電気モータの固定子に鉄損が発生し、出力の低下やモータが発熱してしまふ。

【解決手段】 本願発明は、永久磁石6を備える第1の回転体部2、及び突極性を備えるよう磁束遮蔽溝11を設けた第2の回転体部3を回転軸方向に連結した回転子と、電流を供給することで回転子を駆動する界磁を発生する固定子21とを備え、回転子の回転軸が外部の回転駆動手段により回転する電動機であり、回転子の一部をリラクタンスモータとすることで永久磁石量を減らし、誘起電圧の発生を抑え鉄損を減少した高出力・高効率モータを提供することができる。

2...第1の回転体部
3...第2の回転体部
5...非磁性体
6...永久磁石
21...固定子



【特許請求の範囲】

【請求項1】 永久磁石を備える第1の回転体部、及び突極性を備えるよう磁束遮断部を設けた第2の回転体部を回転軸方向に連結した回転子と、電流を供給することで前記回転子を回転駆動するための界磁を発生する固定子とを備え、前記回転子の回転軸が回転駆動手段により回転する電動機。

【請求項2】 固定子に電流を流さない状態で、回転子の回転軸が回転駆動手段により回転する電動機。

【請求項3】 第1の回転体部は突極性を備える請求項1記載の電動機。

【請求項4】 請求項1記載の電動機と、回転駆動手段として内燃機関とを備えたハイブリッドエンジン。

【請求項5】 第1の回転体部と第2の回転体部は回転軸方向に連結し、第1の回転体部と第2の回転体部との間には非磁性体を介した請求項1記載の電動機。

【請求項6】 複数の第2の回転体部の間に、第1の回転体部を介した請求項1記載の電動機。

【請求項7】 第1の回転体部の最大トルクの発生する位相と、第2の回転体部の最大トルクの発生する位相が同じになるように組み合わせた請求項1記載の電動機。

【請求項8】 第1の回転体部と第2の回転体部は回転軸方向に連結し、第1の回転体部と第2の回転体部との間には回転軸側より回転子外側の方が狭くなる磁性抵抗層を介した請求項1記載の電動機。

【請求項9】 突極性を備えるように磁束遮断部を設けた回転子と、電流を供給することで前記回転子を駆動する界磁を発生する固定子とを備え、この固定子に電流を供給しない状態で、前記回転子の回転軸が内燃機関により回転するハイブリッドエンジン。

【請求項10】 請求項4又は請求項9記載のハイブリッドエンジンを備えた電気自動車。

【請求項11】 車輪の駆動軸に電動機の回転子を固定した請求項10の電気自動車。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は同期電動機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、自動車の原動機として、内燃機関を用いるものが一般的であった。近頃は、大気汚染、地球環境温暖化等が問題となり、地球環境との共存といった観点から、原動機としてガソリン／ディーゼルエンジンと電気モータとを組み合わせたハイブリッド自動車の研究が進められている。このようなハイブリッド自動車は、起動時、加減速時など負荷が大きく変動する時に、モータでエンジンをアシストする。または、モータのみで駆動することにより、エンジンの負荷を低減する。エンジンの負荷が定常となる走行状態では、モータの通電を止め、エンジンを効率良く用いることで低燃費駆動を

行うことができる。また、排気ガスもクリーンとなる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このようなハイブリッドエンジンとして、小型・高出力・高効率な永久磁石埋め込みモータを用いることが適しているが、駆動軸に直結した電気モータの回転子が回転すると、回転子に設けた永久磁石により誘起電圧が発生する。この誘起電圧、すなわち固定子に鎖交する磁束により、電気モータの固定子に鉄損が発生する。特にモータに通電していなくても鉄損が生じるため、エンジン出力の低下や、モータが発熱するために定格出力の低下といった課題がある。

【0004】特に、ガソリンエンジンの効率が良い定負荷走行中は、電気モータへの供給電源をOFFにし、ガソリンエンジンのみで回転駆動するので、エンジンの回転駆動に合せて電気モータの回転子も高速回転する。このような動作では、誘起電圧の発生が大きくなり、電気モータの固定子の鉄損を大きくしてしまう。

【0005】また、誘起電圧を抑えることのみに鑑みれば、クラッチのようなものを用いて、電気モータを駆動させないときは、駆動軸と電気モータの回転子とを切り離して、車輪が回転しても電気モータの回転子は停止しているような状態にすることも考えられるが、機構とその制御が複雑となり、このような機構を設けるためのスペースを必要とする。電気自動車は電気自動車自身の大きさ、重さを小さくするに反して、電気自動車の室内スペースを広く取るという相反する課題があり、電気モータを含めた駆動装置を大きくすることは困難である。

【0006】本願発明はこのような課題を解決するものであり、外部の力により回転軸が回転した時に、電気モータで発生する誘起電圧を抑え、鉄損を減少させた小型高出力高効率なモータを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本願発明は、永久磁石を備える第1の回転体部、及び突極性を備えるよう磁束遮断部を設けた第2の回転体部を回転軸方向に連結した回転子と、電流を供給することで前記回転子を駆動する界磁を発生する固定子とを備え、前記回転子の回転軸が外部の回転駆動手段により回転させられる場合がある電動機であり、回転子の一部をリラクタンسモータとすることで永久磁石量を減らし、誘起電圧の発生を抑えることができる。

【0008】

【発明の実施の形態】本願発明の電動機は、永久磁石を備える第1の回転体部、及び突極性を備えるよう磁束遮断部を設けた第2の回転体部を回転軸方向に連結した回転子と、電流を供給することで前記回転子を回転駆動するための界磁を発生する固定子とを備え、前記回転子の回転軸が外部の回転駆動手段により回転する。つまり、回転軸が外部の力により回転したとしても、回転子の一

部をリラクタンスモータとすることで永久磁石量を減らし、誘起電圧の発生を抑え、鉄損の減少が実現できる。また、電動機が固定子に供給される電流により回転磁界を形成し、回転子が回転駆動する場合であっても、永久磁石を備えているので高出力・高効率な電動機とすることができる。なお、この磁束遮断部は非磁性体、電機子反作用による無効磁束を打ち消すための低磁性体等の磁束抵抗である。

【0009】更に、固定子に電流を流さない状態で、回転子の回転軸が回転駆動手段により回転するので、回転軸に固定された回転子が前記回転駆動手段に従い回転する。

【0010】更に、第1の回転体部は永久磁石を埋め込むことで突極性を備えており、第1の回転体部はマグネットトルクに加えてリラクタンストルクを利用できる。

【0011】更に、電動機と、回転駆動手段として内燃機関とを備えたハイブリッドエンジンとすることで、電動機と内燃機関の利点を使い分けることにより低燃費のよいエンジンを提供することができる。

【0012】更に、第1の回転体部と第2の回転体部は回転軸方向に連結し、第1の回転体部と第2の回転体部との間には非磁性体を介在することで、第1の回転体部と第2の回転体部とは磁気特性が独立するので、回転子の設計が容易に行われる。

【0013】更に、複数の第2の回転体部の間に、第1の回転体部を介在すると磁氣的、機械的バランスも良くなる。

【0014】更に、第1の回転体部の最大トルクの発生する位相と、第2の回転体部の最大トルクの発生する位相が同じになるように組み合わせることで、高トルクが可能となる。

【0015】更に、磁性抵抗層は回転軸側より回転子外径側の方が狭いので、第1の回転体部が有する永久磁石から、磁束遮断部に沿って第2の回転体部外周へ磁束を流すことにより、第2の回転体部外周へ出力する磁束分布は正弦波状となり、トルク変動も小さし、制御性も向上できる。

【0016】また、突極性を備えるように磁束遮断部を設けた回転子と、電流を供給することで前記回転子を駆動する界磁を発生する固定子とを備え、この固定子に電流を供給しない状態で、前記回転子の回転軸が内燃機関により回転する。回転子は永久磁石を備えていないため無通電時には誘起電圧を発生せず、モータが無通電時には鉄損を発生しないハイブリッドモータを提供することができる。なお、この磁束遮断部は非磁性体、電機子反作用による無効磁束を打ち消すための低磁性体等の磁束抵抗である。

【0017】更に、車輪の駆動軸に電動機の回転子を連結することで、部品点数を増加することなく、小型高出

力な電気自動車のハイブリッドエンジンを提供することができる。

【0018】

【実施例】（実施例1）実施例1で、電気自動車で利用するガソリンエンジンと電気モータとを組み合わせたハイブリッドエンジンを示す。このようなハイブリッドエンジンを有する電気自動車は、起動時や加減速時では電気モータ、又は電気モータとガソリンエンジン、一定負荷となる安定走行ではガソリンエンジンに切替え、ガソリンエンジン、電気モータの各長所を利用して低燃費の電気自動車を提供する。

【0019】まず、電気モータは、永久磁石により突極性を備えた第1の回転体部2と、複数のスリットにより突極性を備えた第2の回転体部3とを回転軸方向に連結した回転子を有し、固定子の鉄損が少なく且つ電気モータを小型にすることを可能としたものである。

【0020】図1に示すように、第1の回転体部2と二つの第2の回転体部3は同一の回転軸4に固定しており、第2の回転体部3は第1の回転体部2を挟むような構成としている。また、第1の回転体部2と第2の回転体部の間は、非磁性体5を介在し、第1の回転体部2と第2の回転体部3が磁氣的に独立するように連結している。

【0021】図2に示すように第1の回転体部2は電磁鋼板を積層し、回転軸4に向って凸の形状で、端部が回転体部2の外周に近接したスリット部を4極に設け、このスリット部の中に永久磁石6を埋め込む。この永久磁石6はスリット部と同一の大きさではなく、永久磁石6端部とスリット部端部との間で空隙部7を形成する。この時の空隙部7の中に樹脂等を埋め込んでもよい。第1の回転体部2は、永久磁石6と空隙部7により突極性を備え、固定子の発生する磁界に同期して、第1の回転体部2はリラクタンストルク及びマグネットトルク（マグネットトルク>リラクタンストルク）を発生する。貫通穴は回転軸4とスリット部の間に設け、この貫通穴にリベットピン8または、ボルト等の締結手段により、複数の電磁鋼板を固定する。

【0022】図3に示すように、第2の回転体部3は電磁鋼板を積層し、回転軸4に向かって凸の形状であり、端部が第2の回転体部3の外周に近接した磁束遮蔽溝となすスリット11を複数本備え、第2の回転体部3が突極性を備えるような構成としている。なお、スリット11は回転軸方向に貫通した空隙である。このスリットに樹脂、低磁性体等の磁束抵抗体を埋め込んでもよい。第2の回転体部3はスリット11により突極性を備え、固定子の発生する磁界に同期してリラクタンストルクのみにより回転駆動する。第2の回転体部3は磁性体である永久磁石を備えていないので、マグネットトルクは発生しない。

【0023】本実施例の回転子は、第1の回転体部2の

両端面に、第2の回転体部3を非磁性体5を介して連結しており、第1の回転体部2及び第2の回転体部3は同一の回転軸に固定しており、第1の回転体部2と第2の回転体部3は一体となり回転する。

【0024】回転子の外側には巻線22を巻回した固定子21を配置し、巻線22に電流を流すことで、回転子を回転駆動する磁界を発生する。

【0025】このような構成の電気モータは固定子に電流を流すことで回転子を回転駆動する。なお、第1の回転体部2と第2の回転体部3とを、第1の回転体部2の最大トルク位相と第2の回転体部3の最大トルク位相とを一致させて連結することで同一電流でのトルクがさらに増大する。図4で示すように、第1の回転体部の位相は電気角 20° で最大トルクとなる(a)、第2の回転体部は電気角 45° で最大トルクとなる(b)であるが、第2の回転体部を 15° ずらして 30° で最大トルクとなるように組み合わせた回転子を(c)とした。このような構成とすることで電気モータの出力トルクを大きくすることができる。(d)は第1の回転体部と第2の回転体部とのスリットの位置がそろった状態で組み合わせた場合、すなわち、最大位相が合わない状態で連結したものである。図4から(c)が(d)に比べて最大トルクが増加していることがわかる。

【0026】図5には、ハイブリッドエンジンを用いた電気自動車の駆動装置の構成を示す。電気モータ21と内燃機関であるガソリンエンジン22を連結したハイブリッドエンジンは、駆動軸23と電気モータ21の回転軸は直結しており、この駆動軸23はガソリンエンジン22とクラッチ24等により連結している。駆動軸23が回転するとデフ25を介して車輪26が回転する。このような駆動装置は、電気モータ21と、ガソリンエンジン22とを連結して回転駆動することもできるし、ガソリンエンジン22を切り放すこともできる。しかし、ガソリンエンジンにより駆動軸23を回転させたとしても、駆動軸23と電気モータの回転軸4は同一であるので、ガソリンエンジン22が回転駆動すると電気モータ21の固定子に電気が流れようが、流れまいが、電気モータの回転子は回転する。

【0027】ハイブリッドガソリンエンジンの燃費がよい定負荷走行時はガソリンエンジンのみで回転駆動する。この時、電気モータには通電されていない。ただし、駆動軸と同一である回転軸4には電気モータの回転子1が固定されているので、ガソリンエンジンのみで駆動した時、ガソリンエンジンの回転に従い、電気モータの回転子1は回転する。

【0028】本実施例の電気モータはマグネットだけではなく、リラクタンストルクを活用して回転駆動するので、出力トルクの大きさのわりに永久磁石6の量は少ない。つまり、回転子が回転した時の発生誘起電圧は少ないので、固定子21で発生する鉄損も少ない。なぜなら

ば、誘起電圧は回転子が備える永久磁石が移動することによる鎮交磁束の変化により発生するのであるが、本実施例の電気モータは、従来の永久磁石を回転子の表面に張り付けたマグネットトルクのみで回転駆動する永久磁石同期モータと比較して鎮交磁束が少ないという特徴を有するものである。ただし、鎮交磁束が減っているといえども、第2の回転体部3の備える突極比及び、第1の回転体部2で備える突極比により得られるリラクタンストルクにより、従来電気モータと同等の回転駆動トルクを得ることができる。

【0029】なお、誘起電圧の発生を抑えることのみに鑑みれば、電気モータの回転子は突極性を備えるように非磁性部を設けた回転子のみにして、リラクタンストルクのみで回転駆動することが好適である。つまり、モータへ無通電の時、ガソリンエンジンにより回転軸が回転したとしても、回転子には永久磁石がないため誘起電圧は発生することはない。しかしながら、このような構成であると、従来のマグネットトルクを利用して回転駆動する永久磁石同期電動機と同じ出力トルクを得ようとすると、電気モータが大きくなってしまう。

【0030】現在の自動車では、自動車自体の大きさは小さく、且つ自動車の室内スペースは広くすることが望まれており、電気モータの大きさが大きくなりすぎて、室内スペースが削られることは好ましくない。そこで、永久磁石を備える第1の回転体部2、及び突極性を備えるよう磁束遮断部を設けた第2の回転体部3を回転軸方向に連結した回転子を用いることで、電気モータの大きさを小さく、且つ誘起電圧の発生が少なくすることを可能とする。

【0031】なお、本実施例では第2の回転体部3は、リラクタンスモータであれば、シンクロナスモータとしてアキシアルミネーションモータを用いてもよい。また、実施例1では二つの第2の回転体部の間に第1の回転体部を挟んでいるが、一つの第1の回転体部と一つの第2の回転体部とを連結した状態でもよい。

【0032】また、ガソリンエンジンにより回転軸が回転したとしても、鉄損の発生する課題があり、回転軸を回転する原因として、下り坂で車輪が回転する場合でも、本願により鉄損の発生を抑えることができる。また、内燃機関としては、ガソリンエンジンに限らず、ディーゼルエンジン、天然ガスエンジンについても同様である。

【0033】また、図6には第1の回転体部の他の形状を示す。図6(a)に示すように、表面永久磁石を貼り付けたものでもよい。また、図7には第1の回転体部と第2の回転体部との組み合わせの他の実施例を示す。

【0034】(実施例2) 実施例2の電気モータは、非磁性体31の厚みが回転軸から回転子外側になる従い狭くなり、第1の回転体部の軸方向の幅は回転軸から回転子外側側になるに従い幅が広がっている所が、実施例

1と異なり、他の構成については実施例1と同じである。

【0035】図8に、第1の回転体部32と第2の回転体部33との連結箇所の部分拡大断面図を示す。第1の回転体部32は、第1の回転体部32の内部に永久磁石34を埋め込んでいる。この時、永久磁石34は回転軸35に凸となるような形状で埋め込まれており、第1の回転体部32は突極性を有する。第2の回転体部33は突極性を備えるように複数の円弧状のスリット36を回転軸35に凸となるような形状で設けている。第1の回転体部32と第2の回転体部33との間に介在した非磁性体31は回転軸側は幅広く、回転子外側へ向かうに従い幅が小さくなっていく。最も外側の磁束通路37aと第1の回転体部32は直接連結しており、第1の回転体部32の磁束が磁束通路37aに流れる。

【0036】本実施例では非磁性体31の厚みを変えることにより、永久磁石34から第2の回転体部33の各々の磁束通路に磁束量を変えて流す。なお、第1の非磁性体は第1の回転体部と第2の回転体部を独立して設計するため、第1の回転体部の永久磁石から発生する磁束が第2の回転体部に流れないように、非磁性体を厚くしているが、実施例2で使用する非磁性体31は永久磁石34で発生する永久磁石の磁束を積極的に利用するために、実施例1の非磁性体により厚みが薄い。

【0037】永久磁石34から発生する磁束が、第2の回転体部33へ磁束通路37a、37b、37c、37d、37e、37fに流れる磁束量は、非磁性材31の厚みと反比例し、図8に示すように矢印の大きさの傾向に等しく、回転軸側の磁束通路37に流れる磁束は少なく、回転子外側の磁束通路に流れる磁束量は多い。すなわち、非磁性体31の厚みは回転軸側では厚く、この非磁性体31の厚みが磁束抵抗となるために、回転子中心側の磁束通路37に流れる磁束量は少ない。一方、非磁性体31の厚みは回転子外側では薄く、回転子外側の磁束通路37に流れる磁束量は多い。つまり、図9に示す通り、永久磁石34から発生する磁束が第2の回転体部の磁束通路37に流れる時、磁極の中心の37aでは大きく37fでは小さくなる。つまり、第2の回転体部から発生するギャップの磁束の分布は正弦波状となる。

【0038】第2の回転体部にマグネットトルクを発生する場合、第2の回転体部からの磁束分布は正弦波状であるので、トルク変動も小さく、制御性も向上し、安定した回転駆動を行うことができる。

【0039】

【発明の効果】本願請求項1、2、3記載の発明は、誘起電圧の発生を抑え、鉄損の発生を抑えた小型モータ提供することができる。

【0040】請求項4記載の発明は、エンジン駆動している時、無通電モータの誘起電圧の発生を抑えることができるので、鉄損を抑えることで低燃費とすることができる。

【0041】請求項5、6記載の発明は、第1の回転子と第2の回転子の設計を容易に行うことができる。

【0042】請求項7記載の発明は、電動機の出力トルクを更に大きくすることができる。請求項8記載の発明は、第2の回転体部から発生する磁束は正弦波であり、トルク変動も小さく、制御性も向上し安定した回転駆動をすることができる。

【0043】請求項9記載の発明は、誘起電圧が発生しないハイブリッドエンジンを提供することができる。

【0044】請求項10、11記載の発明は、低燃費の電気自動車を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例1の電動機の断面図

【図2】同第1の回転体部を示す図

【図3】同第2の回転体部を示す図

【図4】同電動機のトルク特性図

【図5】同電気自動車の駆動装置の構成を示す図

【図6】他の実施例の第1の回転体部を示す図

【図7】他の実施例の回転子の断面図

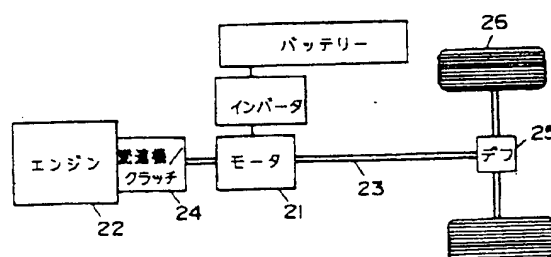
【図8】実施例2の回転子の断面図

【図9】同第2の回転体部の磁束分布を示す図

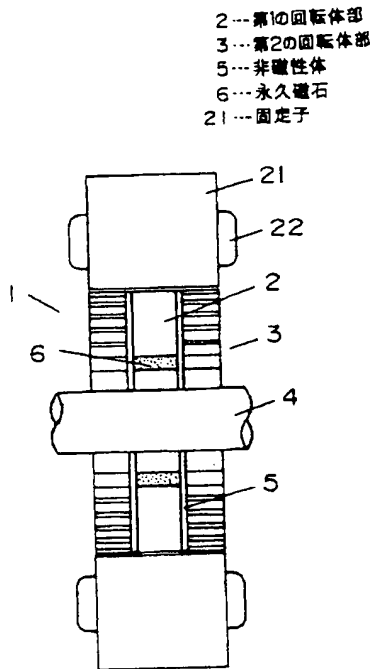
【符号の説明】

- 2 第1の回転体部
- 3 第2の回転体部
- 6 永久磁石
- 11 磁束遮蔽溝
- 21 固定子

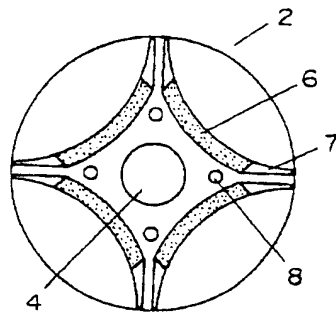
【図5】



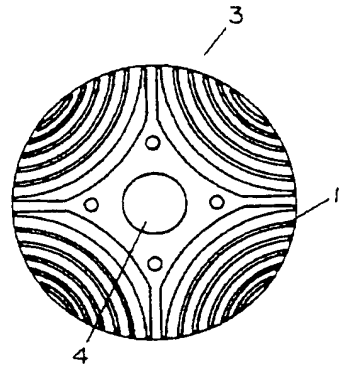
【図1】



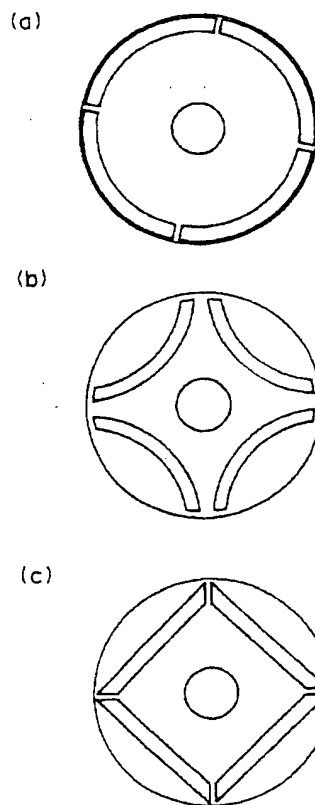
【図2】



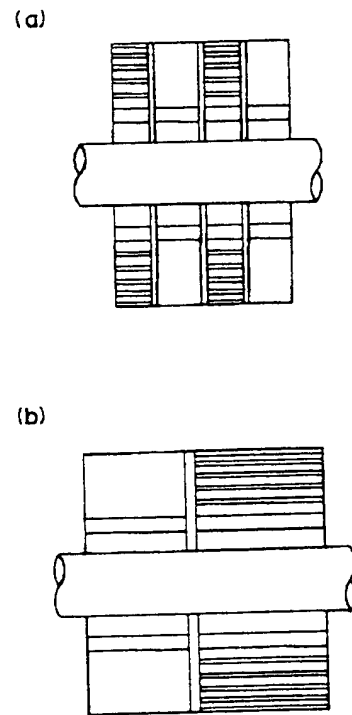
【図3】



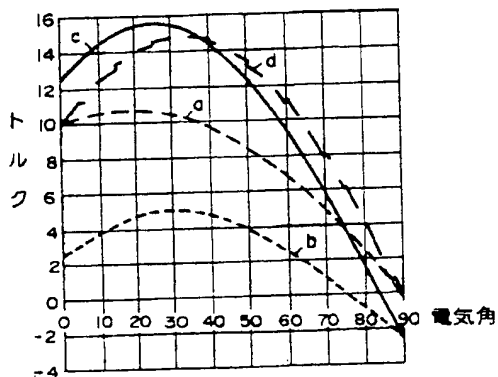
【図6】



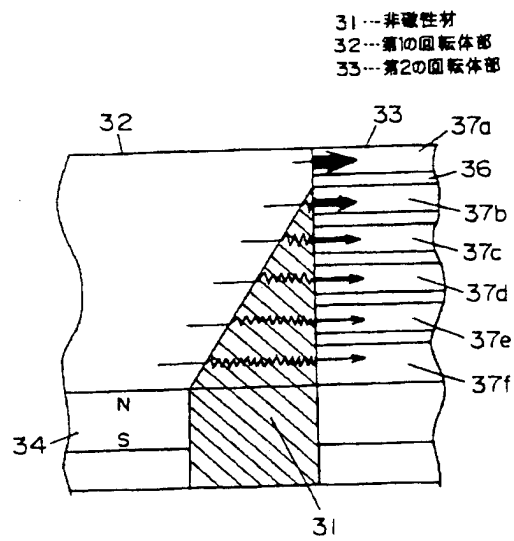
【図7】



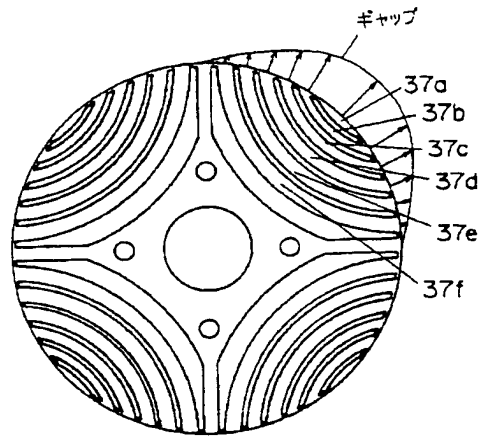
【図4】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 一海 康文
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

Fターム(参考) 5H111 AA01 BB02 BB06 CC01 CC13
DD05 DD08 DD12 FF05 JJ04

(19) Japanese Patent Office (JP)

(11) Unexamined Patent Publication No. 2000-50584

(43) Publication date: February 18, 2000

(54) [Title of the Invention]

Motor

(57) [Abstract]

[Problems]

In a hybrid engine, when the rotor of an electric motor directly coupled to a wheel shaft rotates, a permanent magnet provided at the rotor causes an iron loss to occur to the stator of the electric motor, thereby decreasing output and heating the motor.

[Solving Means]

This invention can provide a high power, high efficiency motor including a rotor, in which a first rotor section 2 provided with a permanent magnet 6 is coupled to a second rotor section 3 provided with a magnetic flux screen groove 11 to possess saliency in a rotary shaft direction, and a stator 21 supplied with a current and generating a field for driving the rotor. The rotary shaft of the rotor is rotated by an external rotation driving means. By making part of the rotor serve as a reluctance motor, the high output, high efficiency motor suppressing the occurrence of induced voltage and decreasing iron loss can be provided.

[What is claimed is]

[Claim 1] A motor comprising: a rotor having a first rotor section provided with a permanent magnet and a second rotor section provided with a magnetic flux screen groove so as to provide saliency, the first rotor section coupled to the second rotor section in a rotary shaft direction; and a stator generating a field for driving said rotor to be rotated by being supplied with a current, wherein the rotary shaft of said rotor is rotated by rotation driving means.

[Claim 2] A motor, characterized in that a rotary shaft of a rotor is rotated by a rotation driving means while no current flows in a stator.

[Claim 3] The motor according to claim 1, characterized in that the first rotor section possesses saliency.

[Claim 4] A hybrid engine comprising: a motor according to claim 1; and an internal combustion engine as rotation driving means.

[Claim 5] The motor according to claim 1, characterized in that the first rotor section and the second rotor section are coupled to each other in the rotary shaft direction, and a nonmagnetic member is interposed between the first rotor section and the second rotor section.

[Claim 6] The motor according to claim 1, characterized in that the first rotor section is interposed between a plurality

of the second rotor sections.

[Claim 7] The motor according to claim 1, characterized in that the first rotor section and the second rotor section are combined so that a phase of the first rotor section for generating maximum torque is the same as a phase of the second rotor section for generating maximum torque.

[Claim 8] The motor according to claim 1, characterized in that the first rotor section and the second rotor section are coupled to each other in the rotary shaft direction, and a magnetic resistance layer narrower on an outside of the rotor than on a rotary shaft side is interposed between the first rotor section and the second rotor section.

[Claim 9] A hybrid engine comprising: a rotor provided with a magnetic flux screen section so as to provide saliency; and a stator supplied with a current and generating a field for driving said rotor, a rotary shaft of said rotor is rotated by an internal combustion engine while no current is supplied to a stator.

[Claim 10] An electric automobile comprising the hybrid engine according to claim 4 or 9.

[Claim 11] The electric automobile according to Claim 10, characterized in that a rotor of the motor is fixed to a driving shaft of wheels.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

The present invention relates to a synchronous motor.

[0002]

[Technical Field of the Invention]

It is conventionally normal to employ, as a motor, an internal combustion engine for an automobile. Recently, the problems of air pollution, global warming and the like surface. From the viewpoint of coexistence with global environment, therefore, a hybrid automobile having a motor combining a gasoline/diesel engine and an electric motor has been studied. In this hybrid automobile, only when load has great change during, for example, engine start or acceleration, the motor assists in the engine, or by driving the engine only by the motor, engine load is reduced. In a traveling state in which the engine load is in a stationary state, the supply of a current to the motor is stopped and the engine is efficiently used, thereby enabling low fuel consumption. Besides, exhaust gas can be made clean.

[0003]

[Problems that the Invention is to Solve]

As the hybrid engine of this type, it is suitable to employ a small size, high power, highly efficient permanent magnet embedded motor. However, if the rotor of an electric motor directly coupled to a driving shaft is rotated, induced voltage is generated by the permanent magnet provided at the rotor. This induced voltage, i.e., magnetic flux interlinking a stator causes iron loss to occur to the stator of the electric motor. The iron loss particularly occurs even if no current is supplied

to the motor, and is disadvantageously followed by the problems of the decrease of engine power and the decrease of rated power derived from the heat emission of the motor.

[0004]

During constant load traveling with high efficiency in gasoline engine, in particular, a power supply to the electric motor is turned off and the motor is driven to rotate only by the gasoline engine. Due to this, the rotor of the electric motor rotates at high speed in accordance with the rotation driving of the engine. Such an operation has high induced voltage, thereby increasing iron loss in the stator of the electric motor.

[0005]

Further, in light of only the suppression of the induced motor, if the electric motor is not driven, the driving shaft may be disconnected from the rotor of the electric motor using a clutch or the like to provide a state in which even if wheels rotate, the rotor of the electric motor stops. If so, however, a mechanism and mechanism control become complicated and a large space for providing the mechanism is required. An electric automobile has a problem that large indoor space of the electric automobile is taken while the size and weight of the electric automobile are decreased. It is, therefore, difficult to make a driving system including the electric motor large in size.

[0006]

The present invention has been made to solve the

above-stated problems. It is an object of the present invention to provide a small size, high power, highly efficient motor capable of suppressing induced voltage from occurring to an electric motor and decreasing iron loss when a rotary shaft is rotated by an external force.

[0007]

[Means of Solving the Problems]

The present invention provides a motor comprising: a rotor having a first rotor section provided with a permanent magnet and a second rotor section provided with a magnetic flux screen groove so as to provide saliency, the first rotor section coupled to the second rotor section in a rotary shaft direction; and a stator generating a field for driving the rotor to be rotated by being supplied with a current, wherein the rotary shaft of the rotor may be rotated by an external rotation driving means. By making part of the rotor function to serve as a reluctance motor, it is possible to decrease the quantity of the permanent magnet and to suppress the occurrence of induced voltage.

[0008]

[Modes for Carrying out the Invention]

A motor comprising: a rotor having a first rotor section provided with a permanent magnet and a second rotor section provided with a magnetic flux screen groove so as to provide saliency, the first rotor section coupled to the second rotor section in a rotary shaft direction; and a stator generating

a field for driving the rotor to be rotated by being supplied with a current, wherein the rotary shaft of the rotor is rotated by an external rotation driving means. Namely, even if the rotary shaft is rotated by the external force, part of the rotor is used as a reluctance motor, thereby making it possible to reduce the quantity of the permanent magnet, to suppress the occurrence of the induced voltage and to reduce iron loss. Also, even if the motor forms a rotating magnetic field by a current supplied to the stator and the rotor is driven to rotate, a high power, highly efficient motor can be realized since the permanent magnet is provided. It is noted that this magnetic flux screen section is a magnetic flux resistance such as a nonmagnetic member or a low magnetic member for canceling ineffective magnetic flux due to the reaction of an armature.

[0009]

Further, a rotary shaft of a rotor is rotated by a rotation driving means while no current flows in a stator. Due to this, the rotor fixed to the rotary shaft rotates in accordance with the rotation driving means.

[0010]

In addition, the first rotor section possesses saliency because the permanent magnet is embedded, and the first rotor section can utilize not only magnet torque but also reluctance torque.

[0011]

Moreover, by providing a hybrid engine comprising a motor and an internal combustion engine as rotation driving means, it is possible to provide a low fuel consumption engine while using the advantage of the motor and that of the internal combustion engine.

[0012]

Further, the first rotor section and the second rotor section are coupled to each other in the rotary shaft direction, and a nonmagnetic member is interposed between the first rotor section and the second rotor section. By doing so, the first rotor section and the second rotor section are independent of each other in magnetic characteristic, facilitating the design of the rotor.

[0013]

Furthermore, if the first rotor section is interposed between a plurality of the second rotor sections, magnetic and mechanic balances can be held.

[0014]

Moreover, the first rotor section and the second rotor section are combined so that a phase of the first rotor section for generating maximum torque is the same as a phase of the second rotor section for generating maximum torque. High torque can be, therefore, realized.

[0015]

In addition, the magnetic resistance layer is narrower

on the rotor outside diameter side than on the rotary shaft side. Due to this, by carrying magnetic flux from the permanent magnet provided at the first rotor section to the outer periphery of the second rotor section along the magnetic flux screen section, the distribution of the magnetic flux outputted to the outer periphery of the second rotor section has a sine shape, torque change is small and controllability can improve.

[0016]

Furthermore, a hybrid engine comprises: a rotor provided with a magnetic flux screen section so as to provide saliency; and a stator supplied with a current and generating a field for driving the rotor, a rotary shaft of the rotor is rotated by an internal combustion engine while no current is supplied to a stator. Since the rotor is not provided with a permanent magnet, it is possible to provide a hybrid motor which does not generate induced voltage when the motor is not applied with no current and which does not generate iron loss when the motor is not applied with a current. It is noted that this magnetic flux screen section is a magnetic flux resistance such as a nonmagnetic member or a low magnetic member for canceling ineffective magnetic flux due to the reaction of an armature.

[0017]

Additionally, by directly coupling the rotor of the motor to the driving shaft of the wheels, it is possible to provide a small size, high output hybrid engine for an electric automobile

without increasing the number of parts.

[0018]

[Embodiments]

(Embodiment 1) . In Embodiment 1, a hybrid engine combining a gasoline engine and an electric motor used by an electric automobile is shown. In case of the electric automobile having the hybrid engine of this type, the electric motor or the electric motor and the gasoline engine are used during engine start and acceleration, and the gasoline engine is used during stable traveling with constant load, whereby a low fuel consumption electric automobile taking advantage of the gasoline engine and the electric motor is provided.

[0019]

First, the electric motor has a rotor in which the first rotor section 2 having a permanent magnet to allow the first rotor section 2 to possess saliency is coupled to second rotor sections 3 each having a plurality of slits to allow the second rotor sections 3 to possess saliency, respectively in a rotary shaft direction, thereby allowing the iron loss of a stator to be decreased and making the electric motor small in size.

[0020]

As shown in FIG. 1, the first rotor section 2 and the two second rotor sections 3 are fixed to the same rotary shaft 4 and the first rotor section 2 is put between the second rotor section 3. Also, a nonmagnetic member 5 is interposed between

Written desc
1st 2nd

not showing
arrangement

103-

the first rotor section 2 and the second rotor sections to allow the first rotor section 2 to be coupled to the second rotor sections 3 in a magnetically independent manner.

[0021]

As shown in FIG. 2, the first rotor section 2 has slit portions provided on the four poles of the first rotor section 2. The slit sections are formed by building up electromagnetic steel plates and have end portions proximate to the outer periphery of rotor section 2 in a convex shape along the rotary shaft 4. A permanent magnet 6 is embedded in the slit portions. This permanent magnet 6 is not equal in size to the slit portions and a cavity portion 7 is, therefore, formed between each end portion of the permanent magnet 6 and each end portion of each slit section. Resin or the like may be embedded in the slit portions 7. The first rotor section 2 possesses saliency because of the permanent magnet 6 and the cavity portions 7. The first rotor section 2 generates reluctance torque and magnet torque (magnet torque > reluctance torque) synchronously with a magnetic field generated by a stator. A penetrating hole is provided between the rotary shaft 4 and the slit portions. A plurality of electromagnetic steel plates are fixed to the penetrating hole by rivet pins 8 or fastening means such as bolts.

[0022]

As shown in FIG. 3, the second rotor section 3 has a plurality of slits 11 formed by building up electromagnetic steel plates,

each formed in a convex shape along the rotary shaft 4 and having end portions proximate to the outer periphery of the second rotation section 3, thereby allowing the second rotor section 3 to possess saliency. It is noted that the slits 11 are cavities penetrating in the rotary shaft direction. Resin or a magnetic flux resistor such as a low magnetic member may be embedded into the slits. The second rotor section 3 possesses saliency because of the slits 11 and is driven to rotate only by reluctance torque synchronously with a magnetic field generated by the stator. Since the second rotor section 3 is not provided with a permanent magnet which is a magnetic member, no magnet torque is generated.

[0023]

In case of the rotor in this embodiment, the second rotor sections 3 are coupled to the both end faces of the first rotor section 2 through the nonmagnetic member 5, respectively. The first rotor section 2 and the second rotor sections 3 are fixed to the same rotary shaft, so that the first rotor section 2 and the second rotor sections 3 rotate integrally with one another.

[0024]

A stator 21 around which a winding 22 is wound is provided outside of the rotor. By applying a current to the winding 22, a magnetic field for driving the rotor to rotate is generated.

[0025]

The electric motor constituted as stated above drives the rotor to rotate by applying a current to the stator. It is noted

that the first rotor section 2 and the second rotor sections 3 are coupled to coincide the maximum torque phase of the first rotor section 2 with those of the second rotor sections 3, thereby further intensifying torque with the same current being applied. As shown in FIG. 4, the first rotor section has maximum torque with an electrical angle of 20° (a) and the second rotor sections have maximum torque with an electrical angle of 45° (b). The rotor assembled in such a manner that the second rotor sections were shifted to by 15° to allow them to have a maximum torque with an electrical angle of 30° was regarded as (c). By so constituting the rotor, it is possible to increase the output torque of the electric motor. Reference (d) shows a case where the first rotor section and the second rotor sections are combined to coincide the slit positions of the first rotor section with those of the second rotor sections, i.e., a case where the first rotor section and the second rotor sections are coupled in a state in which the maximum phase of the first rotor section is not coincident with those of the second rotor sections. As can be seen from FIG. 4, the maximum torque of (c) increases compared with that of (d).

[0026]

FIG. 5 shows the constitution of the driving system of an electric automobile using a hybrid engine. The hybrid engine in which an electric motor 21 is coupled to a gasoline engine 22, which is an internal combustion engine, is constituted such

that a driving shaft 23 is directly coupled to the rotary shaft of the motor 21 and that this driving shaft 23 is coupled to the gasoline engine 22 through a clutch 24 or the like. When the driving shaft 23 rotates, wheels 26 rotate through a deflector 25. The driving system of this type can rotation-drives the electric motor 21 and the gasoline engine 22 while coupling them to each other and also can disconnect the gasoline engine 22. However, even if the driving shaft 23 is rotated by the gasoline engine, the rotor of the electric motor rotates whether or not a current is applied to the stator of the electric motor 21 when the gasoline engine 22 performs rotation-driving. This is because the driving shaft 23 is identical with the rotary shaft 4 of the electric motor.

[0027]

During constant load traveling during which the hybrid gas engine has good fuel consumption, the rotor is driven to rotate only by the gasoline engine. At this moment, no current is applied to the electric motor. However, since the rotor 1 of the electric motor is fixed to the rotary shaft 4 which is identical with the driving shaft, the rotor 1 of the electric motor rotates in accordance with the rotation driving of the gasoline engine when the rotor is driven only by the gasoline engine.

[0028]

Since the electric motor in this embodiment performs

rotation-driving using not only the magnet but also reluctance torque, the quantity of the permanent magnet 6 is small compared with the magnitude of output torque. That is, induced voltage generated when the rotor rotates is low and the iron loss generated at the stator 21 is, therefore, small. The reason is as follows. The induced voltage is generated by a change in interlinking magnetic flux due to the movement of the permanent magnet provided at the rotor. The electric motor in this embodiment is characterized in that interlinking magnetic flux is small compared with that of a conventional permanent magnet synchronous motor performing rotation driving only by the magnet torque of a permanent magnet attached to the surface of the rotor. Although the interlinking magnetic flux decreases, it is possible to obtain equivalent rotation driving torque for that of the conventional electric motor by reluctance torque because of the rate of the saliency of the second rotor sections 3 and that of the first rotor section 2.

[0029]

If attention is paid only to the suppression of the generation of induced voltage, it is preferable that the rotor having nonmagnetic section is provided so that the rotor of the electric motor possesses saliency and is driven to rotate only by reluctance torque. In other words, even if the rotary shaft is rotated by the gasoline engine while no current is applied to the motor, the induced voltage does not occur since the rotor

is not provided with a permanent magnet. With such a constitution, however, if the same output torque as that of a conventional permanent magnet synchronous motor performing rotation driving using magnet torque is obtained, the size of the electric motor increases.

[0030]

In case of a present automobile, it is desired that the size of the automobile itself is small and that the interior space of the automobile is widened. Due to this, it is not preferable that the electric motor becomes too large in size to reduce the interior space. In view of this, by using the rotor in which the first rotor section 2 having a permanent magnet is coupled to the second rotor sections 3 having a magnetic flux screen section to possess saliency, it is possible to reduce the size of the electric motor and reduce the induced voltage generated.

[0031]

In this embodiment, the second rotor sections 3 may be either synchronous motors or axial lamination motors as long as they are reluctance motors. Also, while the first rotor section is put between the two second rotor sections in Embodiment 1, a single first rotor section may be coupled to a single second rotor section.

[0032]

Further, even if the rotary shaft is rotated by the gasoline

engine, iron loss disadvantageously occurs. According to the present invention, even if wheels rotate on a downward path, it is possible to suppress the generation of iron loss. Besides, the internal combustion engine is not limited to the gasoline engine but may be a diesel engine or a natural gas engine.

[0033]

Further, FIG. 6 shows another configuration of the first rotor section. As shown in FIG. 6(a), a surface permanent magnet may be attached to the first rotor section. FIG. 7 shows another embodiment showing another combination of the first rotor section and the second rotor section.

[0034]

(Embodiment 2) Embodiment 2 differs from Embodiment 1 in that in case of an electric motor in Embodiment 2, the thickness of a nonmagnetic member 31 is gradually smaller from a rotary shaft toward the outside of the rotor and the axial width of the first rotor section is gradually larger from the rotary shaft toward the outside diameter side of the rotor. The remaining constitution is the same as that of Embodiment 1.

[0035]

FIG. 8 shows a partially enlarged sectional view showing a coupling portion between the first rotor section 32 and the second rotor section 33. The first rotor section 32 has a permanent magnet 34 embedded thereinto. In this case, the permanent magnet 34 is embedded into a rotary shaft 35 in a convex

shape, whereby the first rotor section 32 possesses saliency. The second rotor section 33 has a plurality of slits 36 in a circular arc state provided at the rotary shaft 35 in a convex shape so that the second rotor section 33 possesses saliency. A nonmagnetic member 31 interposed between the first rotor section 32 and the second rotor section 33 is wider on a rotary shaft side and narrower toward the outside of the rotor. The outermost magnetic flux passage 37a is directly coupled to the first rotor section 32 and the magnetic flux of the first rotor section 32 flows in the magnetic flux passage 37a.

[0036]

In this embodiment, by changing only the thickness of the nonmagnetic member 31, magnetic flux is carried from the permanent magnet 34 to the respective magnetic flux passages of the second rotor section 33 while changing the quantity of the magnetic flux. It is noted that the first nonmagnetic member is made thick so as not to carry magnetic flux generated from the permanent magnet of the first rotor section to the second rotor section since the first rotor section and the second rotor section are designed independently of each other. The nonmagnetic member in Embodiment 2, by contrast, is thinner than the nonmagnetic member in Embodiment 1 since the magnetic flux generated from the permanent magnet 34 is positively utilized.

[0037]

The quantity of the magnetic flux generated from the

permanent magnet 34 and flowing in the magnetic flux passages 37a, 37b, 37c, 37d, 37e and 37f of the second rotor section 33 is inversely proportional to the thickness of the nonmagnetic member 31 and equal to the magnitudes of arrows shown in FIG. 8. The quantity of the magnetic flux flowing in the magnetic flux passage 37 on the rotary shaft side is small. That is, since the thickness of the nonmagnetic member 31 is larger on the rotary shaft side and this thickness of the nonmagnetic member 31 serves as a magnetic flux resistance, the quantity of the magnetic flux flowing in the magnetic flux passage 37 on the rotor center side is small. On the other hand, the nonmagnetic member 31 is thinner on the outside of the rotor and the quantity of the magnetic flux flowing in the magnetic flux passage outside of the rotor is large. That is, as shown in FIG. 9, when magnetic flux generated from the permanent magnet 34 flows in the magnetic flux passage 37 of the second rotor section, the quantity of the magnetic flux is larger in the magnetic flux passage 37a at the center of the magnetic pole and smaller in the passage 37f. In other words, the distribution of the magnetic flux of a gaps generated from the second rotor section has a sine shape.

[0038]

If magnet torque occurs to the second rotor section, the distribution of the magnetic flux from the second rotor section has a sine shape, so that torque variation is small, controllability improves and stable rotation driving can be

thereby realized.

[0039]

[Advantage of the Invention]

According to the invention recited in claims 1, 2 and 3 of the present application, it is possible to provide a small size motor capable of suppressing the occurrence of induced voltage and the occurrence of iron loss.

[0040]

According to the invention recited in claim 4, it is possible to suppress induced voltage from occurring to the motor applied with no current while the rotor is driven by the engine, thereby suppressing iron loss and making it possible to realize low fuel consumption.

[0041]

The invention recited in claims 5 and 6 can facilitate designing the first rotor and the second rotor.

[0042]

The invention recited in claim 7 can further increase the output torque of the motor. According to the invention recited in claim 8, the magnetic flux generated from the second rotor section is a sine wave, torque variation is small, controllability improves and stable rotation driving can be realized.

[0043]

The invention recited in claim 9 can provide a hybrid engine

free from the occurrence of induced voltage.

[0044]

The invention recited in claims 10 and 11 can provide a low fuel consumption electric automobile.

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] FIG. 1 is a cross-sectional view of a motor in Embodiment 1.

[FIG. 2] FIG. 2 shows the first rotor section in Embodiment 1.

[FIG. 3] FIG. 3 shows the second rotor section in Embodiment 1.

[FIG. 4] FIG. 4 is a characteristic view showing the characteristic of the torque of the motor in Embodiment 1.

[FIG. 5] FIG. 5 is a block diagram of the driving system of an electric automobile in Embodiment 1.

[FIG. 6] FIG. 6 shows the first rotor section in another embodiment.

[FIG. 7] FIG. 7 is a cross-sectional view of a rotor in another embodiment.

[FIG. 8] FIG. 8 is a cross-sectional view of the rotor in Embodiment 2.

[FIG. 9] FIG. 9 shows the magnetic flux distribution of the second rotor section.

[Description of Reference Symbols]

2 first rotor section

- 3 second rotor section
- 6 permanent magnet
- 11 magnetic flux screen groove
- 21 stator

< Translation of drawings >

FIG. 5 1: engine; 2: transmission/clutch; 3: motor; 4:
inverter; 5: battery; 6: deflector

FIG. 1 1: first rotor section; 2: second rotor section;
3: nonmagnetic member; 4: permanent magnet; 5: stator

FIG. 4 6: torque; 7: electrical angle

FIG. 8 1: nonmagnetic material; 2: first rotor section;
3: second rotor section

FIG. 9 4: gap